



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 22 486 A1** 2004.12.02

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 22 486.6**

(22) Anmeldetag: **17.05.2003**

(43) Offenlegungstag: **02.12.2004**

(51) Int Cl.7: **B01J 19/00**

(71) Anmelder:

**Degussa AG, 40474 Düsseldorf, DE; Uhde GmbH,  
44141 Dortmund, DE**

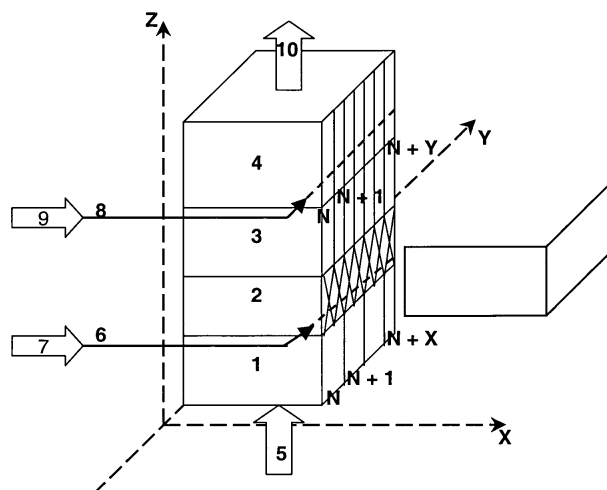
(72) Erfinder:

**Schirmeister, Steffen, Dr., 45472 Mülheim, DE;  
Schütte, Rüdiger, Dr., 63755 Alzenau, DE;  
Albrecht, Johannes, Dr., 61206 Wöllstadt, DE;  
Becker, Frank, 63454 Hanau, DE; Markowz, Georg,  
Dr., 63791 Karlstein, DE; Ehrlich, Johannes, 63755  
Alzenau, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Durchführung chemischer Syntheseprozesse mit unabhängiger Modularisierung bezüglich der mengenmäßigen Kapazität und der Anzahl möglicher Prozessschritte**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für die chemische Synthese im Tonnenmaßstab, die bezüglich der Art und Anzahl der verfahrenstechnischen Grundoperationen und bezüglich der Produktionskapazität modular aufgebaut ist. Hierbei läuft in jedem Prozessmodul, welches Mikrostrukturierungen aufweist, mindestens eine der für den Gesamtprozess erforderliche verfahrenstechnische Grundoperation ab, wobei jedes Prozessmodul seinerseits modular aufgebaut ist. Die einzelnen Prozessmodule oder Prozessschritte sind dabei direkt und ohne zusätzliche Rohrleitungen miteinander verbunden.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die bezüglich der Art und Anzahl der verfahrenstechnischen Grundoperationen und bezüglich der Produktionskapazität modular aufgebaut ist. Hierbei läuft in jedem Prozessmodul mindestens eine der für den Gesamtprozess erforderlichen verfahrenstechnischen Grundoperationen ab, wobei jedes Prozessmodul seinerseits modular aufgebaut ist. Die einzelnen Prozessmodule oder Prozessschritte sind dabei direkt und ohne zusätzliche Rohrleitungen miteinander verbunden.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind modular aufgebaute Mikroreaktoren weitreichend und vielfältig beschrieben.

**[0003]** Wie in US 5,534,328, EP 0 861 802 oder US 2002/0106311 gezeigt, ist es bekannt, in einer baulichen Einheit, einen Mikroprozess für chemische Gas- oder Flüssigphasenreaktionen aus diversen chemischen Grundoperationen durch plattenweise Hintereinanderschaltung zu erzeugen und somit kompakte und multiplizierbare Prozessfolgen zu generieren. Durch eine Parallelschaltung derartiger mikrostrukturierter Reaktoren sind im Prinzip beliebige Kapazitäten darstellbar, ohne ein Skale-Up des eigentlichen Prozesses durchführen zu müssen. Nachteilig an dieser Art des "Numbering-Up" ist, dass eine recht aufwändige Verrohrung der einzelnen Mikroreaktoren sowie eine entsprechend aufwändige Prozesssteuerung vorgenommen werden muss, um für jeden Einzelreaktor die selben Randbedingungen sicherzustellen. Eine einfache Vervielfältigung der Platten zur Kapazitätssteigerung des beispielsweise in US 5,534,328 beschriebenen Reaktors verbietet sich, da keine Möglichkeit besteht, ohne erheblichen baulichen Aufwand, die Strömungsquerschnitte der Zuleitungen für stark veränderte Stoffmengen zur Verfügung zu stellen.

**[0004]** Wie in DE 100 42 746 oder EP 0903 174 gezeigt, ist weiterhin aus dem Stand der Technik bekannt, dass bei plattenförmigen und mikrostrukturierten Reaktoren durch eine Vervielfältigung der Schichten oder Platten eine im Prinzip beliebige Kapazitätserhöhung bezüglich einer einzelnen Grundoperation möglich ist. Dieses "Numbering-Up" für mikrostrukturierte Wärmetauscher ist bereits seit längerem bekannt und in vielen Veröffentlichungen beschrieben. Nachteilig an diesen Systemen ist, dass die Mikroreaktoren jeweils nur einen einzelnen Prozessschritt umfassen und nach diesem Prozessschritt das Produkt bzw. Zwischenprodukt in einer Sammeleinheit gesammelt, in eine oder mehrere Rohrleitungen überführt und der nächsten Prozessstufe zugeführt wird, wobei die Sammeleinheiten und die Rohrleitungen für ein definiertes oder zumindest begrenztes Stoffvolumen dimensioniert sind. Damit

ist eine Kapazitätsveränderung des Gesamtprozesses nur mit erheblichem Aufwand verbunden, da die Geometrien der Sammel- und Verbindungselemente verändert werden müssen.

**[0005]** Aus den vorgenannten Ausführungen den Stand der Technik beschreibend, ergibt sich die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Durchführung chemischer Gas- oder Flüssigphasenreaktionen bereitzustellen, die eine kompakte und weitestgehend umlenkungsfreie Kombination unterschiedlicher verfahrenstechnischer Grundoperationen ermöglicht, welche variabel in Bezug auf die Produktionsmenge und geeignet für die Produktion im Tonnenmaßstab ist.

**[0006]** Dies wird mit der vorliegenden Erfindung gemäß dem Hauptanspruch derart gelöst, dass eine Vorrichtung bereitgestellt wird, die bezüglich der Art und Anzahl der verfahrenstechnischen Grundoperationen und bezüglich der Produktionskapazität modular aufgebaut ist. Hierbei läuft in jedem Prozessmodul mindestens eine der erforderlichen verfahrenstechnischen Grundoperationen ab, wobei jedes Prozessmodul seinerseits modular aufgebaut ist.

**[0007]** Von der Erfindung wird weiterhin offenbart, dass Idealerweise die Übergänge zwischen den einzelnen Prozessmodulen ohne zusätzliche Rohrleitungen direkt verbunden sind.

**[0008]** Die verfahrenstechnischen Grundoperationen, welche in den einzelnen Prozessmodulen durchgeführt werden, sind unter anderem Mischung, Reaktion, Stofftrennung, Phasenübergang oder Wärmetransport, wobei gegebenenfalls in einem Prozessmodul auch mehrere Grundoperationen gleichzeitig ablaufen können.

**[0009]** Der modulare Aufbau der einzelnen Prozessmodule geschieht dabei vorteilhafterweise in Plattenbauweise, so dass die Kapazität jedes oder mehrerer Prozessmodule oder der kompletten Vorrichtung durch eine Veränderung der Plattenanzahl beliebig variiert werden kann. Somit wird bei einer Erhöhung der Plattenzahl in den einzelnen Prozessmodulen auch der erforderliche Strömungsquerschnitt zur Verfügung gestellt, beziehungsweise kann der Querschnitt von Bohrungen für Stoffzuleitungen in den äußeren Platten den veränderten Anforderungen angepasst werden, ohne die bereits vorhandenen Platten baulich verändern zu müssen.

**[0010]** Die Verbindung der Platten untereinander geschieht mittels aus dem Stand der Technik bekannter Systeme, wie beispielsweise innen liegende Anker oder von außen verschraubter Ankerplatten. Die Verbindungen der Prozessmodule untereinander sind ebenfalls mittels bekannter Vorrichtungen, wie beispielsweise Rahmen in der Art von Überwurfflanschen oder mittels an den Platten vorgesehener Ver-

schraubungen, realisiert.

**[0011]** Weiterhin offenbart die Erfindung Verbindungssysteme für die Platten, welche vergleichbar einem Nut- und Federsystem kompatibel zu den Platten mindestens eines nachfolgenden Prozessmoduls gestaltet sind, so dass die Platten am Ein- oder Auslass gegen die Umgebung gas- und füssigkeitsdicht abgeschlossen werden können.

**[0012]** Es hat sich herausgestellt, dass die einzelnen Prozessmodule für einen großtechnischen Einsatz bezüglich des Hauptprozessstroms vorteilhafterweise alle parallel und weitestgehend gleichgerichtet durchströmt werden sollten, wobei Idealerweise beim Übergang von einem Prozessmodul zum nachfolgenden Prozessmodul keine Umlenkungen erfolgt.

**[0013]** Somit sind Variationen der Grundoperationen und der Kapazität bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung unabhängig voneinander. Bei einer Umstellung der Grundoperationen wächst oder verringert sich die Vorrichtung in der Länge beziehungsweise in der Höhe, und bei der Variation der Kapazität wächst oder verringert sich die Vorrichtung in der Breite beziehungsweise in der Tiefe durch das Hinzufügen oder Entnehmen von beispielsweise Plattenlagen.

**[0014]** In der Zeichnung ist in **Fig. 1** eine Ausführungsvariante gezeigt. Der dargestellte Prozess bestehend aus vier Prozessmodulen **1** bis **4**. Der Eduktstrom **5** tritt in Z-Richtung von unten in den Verdampfer **1** ein, welcher aus einer Anzahl  $N$  plus  $X$  Platten oder Schichten aufgebaut ist. In dem sich direkt anschließenden Prozessmodul **2**, einem Mischer, wird das gasförmige Edukt **5** mit einem über den Leitungsweg **6** zugeführten Edukt **7** gemischt. Nach dem Mischer **2** tritt der Stoffstrom in das Prozessmodul **3** ein, welches ein Reaktor für heterogen-katalytische Reaktionen ist und aus  $N$  plus  $Y$  Platten aufgebaut ist. Das nachfolgende Prozessmodul **4** ist ebenfalls ein Reaktionsmodul, wobei über den Leitungsweg **8** das Edukt **9** in jede der  $N$  plus  $Y$  Platten zugeführt wird. Das Produkt **10** verlässt die Vorrichtung in Z-Richtung.

**[0015]** Wie deutlich zu erkennen, wächst die Vorrichtung bei einer Variation der Prozessschritte in Z-Richtung und bei einer Variation bezüglich der Kapazität in Y-Richtung.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Durchführung chemischer Syntheseprozesse im Tonnenmaßstab/großtechnischen Maßstab, bestehend aus mindestens zwei unterschiedlichen Prozessmodulen, wobei jedes Prozessmodul zur Durchführung mindestens einer verfahrenstechnischen Grundoperationen dient, wobei

die Prozessstufen zum Mischen, Phasenübergang oder Wärmeaustausch, sowie zur Reaktion, Stofftrennung oder zur Durchführung anderer verfahrenstechnischer Grundoperationen dienen, und jedes dieser Prozessmodule mindestens teilweise aus mikrostrukturierten Komponenten bezüglich ihrer wesentlichen Funktion gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung in zwei räumlichen Dimensionen modular aufgebaut ist, wobei

a) die erste Dimension in der Länge beziehungsweise in der Höhe besteht und durch die Aneinanderreihung der einzelnen Prozessmodule gebildet wird, welche ohne Rohrleitungen direkt miteinander verbunden sind,

b) und die zweite Dimension im Wesentlichen vertikal zur ersten Dimension steht und durch die Platten- oder Schichtanzahl der einzelnen Prozessmodule ausgebildet wird, wobei die Platten- oder Schichtanzahl zur Variation der Produktionskapazität beliebig verringert oder erhöht werden kann.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gegeben, dass Ein- und Auslasse mindestens einer Platten eines Prozessmoduls kompatibel im Sinne von beispielsweise Nut- und Federverbindungen zum Ein- beziehungsweise Auslass von mindestens einer Platte einer anderen Prozessstufe ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gegeben, dass der Hauptproduktstrom beim Übergang von einem Prozessmodul in ein nachfolgendes Prozessmodul im Wesentlichen keine Umlenkung der Hauptströmungsrichtung erfährt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens teilweise zwischen zwei Prozessstufen ein oder mehrteilige Übergangs- oder Distanzelemente vorgesehen sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

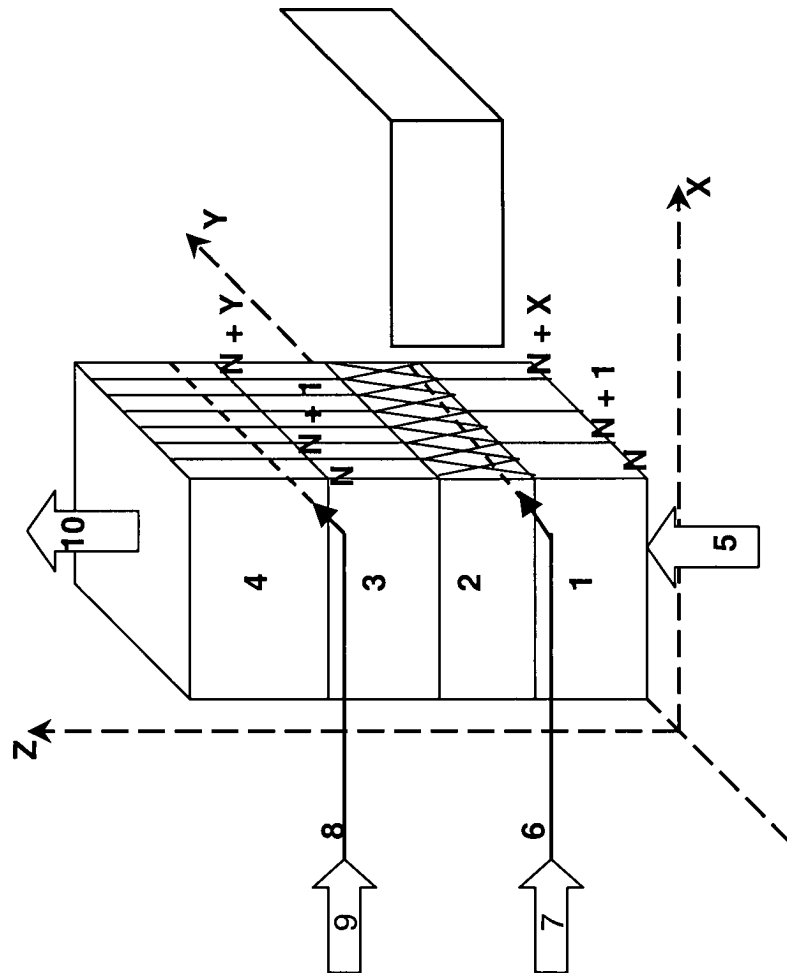


Fig. 1